

**U. PORTO**

**FEUP** FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

2ºano – MIEIC – Abril 2017

# Recolha de Lixo Inteligente

Conceção e Análise de Algoritmos

Turma 6 - Grupo C



Diogo Peixoto Pereira – up201504326

Gonçalo Vasconcelos Cunha Miranda Moreno – up201503871

Maria Eduarda Santos Cunha – up201506524



# Índice

<b>1. Introdução .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Formalização do Problema.....</b>	<b>4</b>
2.1. Dados de Entrada .....	4
2.2. Função Objetivo .....	5
2.3. Restrições .....	5
2.4. Resultados Esperados .....	6
<b>3. Solução .....</b>	<b>7</b>
<b>4. Diagrama de Classes .....</b>	<b>9</b>
<b>5. Casos de Utilização .....</b>	<b>10</b>
<b>6. Dificuldades .....</b>	<b>11</b>
<b>7. Contributos.....</b>	<b>12</b>
<b>8. Conclusão .....</b>	<b>13</b>
<b>9. Bibliografia .....</b>	<b>14</b>



# 1. Introdução

O sistema atual de recolha de lixo consiste, tipicamente, na passagem de um camião de resíduos por todos os pontos de recolha espalhados numa cidade, recolhendo o conteúdo dos contentores e transportando-o para uma estação de tratamento de resíduos, que lida com os vários tipos adequadamente. Existem contentores específicos para cada tipo de resíduo, geralmente, amarelo para o plástico e embalagens, azul para papel e cartão, verde para vidro, vermelho para pilhas e, por fim, o preto para resíduos domésticos indiferenciados.

O nosso objetivo com este trabalho é a simulação de um sistema de recolha mais avançado, que, ao invés de obrigar um camião a esta recolha de forma não prática e ineficaz, leve a um percurso muito mais eficiente.

Propõe-se, então, para começar que a nossa implementação seja efetuada assumindo a existência de contentores equipados com sensores de volume. Estes sensores permitem saber quando é que o contentor precisa efetivamente de ser coletado, permitindo um trajeto de viagem que tenha em conta a quantidade de resíduos presente em cada contentor.

Consideramos ainda dois tipos de frotas, uma homogénea e outra heterogénea. A primeira, com um só tipo de veículo de recolha e, a segunda, com veículos para cada tipo de resíduo.



## 2. Formalização do Problema

A problematização a ser resolvida é a criação de trajetórias eficientes em termos de maximizar o número de pontos de recolha que cada camião percorre quando sai da garagem, dada também a sua própria capacidade, e ter em conta qual o camião e centro de tratamento mais adequados dada essa trajetória e o tipo de resíduos a recolher.

Essencialmente, o nosso problema encaixa-se no *Vehicle Routing Problem*, mais especificamente no *Capacitated Vehicle Routing Problem*.

Dada a complexidade de resolução deste problema, optamos por dividi-lo em duas partes:

1. Uma fase de pré-processamento, em que se escolhem os contentores com base no seu volume de resíduos, de modo a que não se ultrapasse a capacidade do camião. Subdividindo em várias viagens até que todos sejam recolhidos.
2. Calcular a melhor rota desde a garagem e, de seguida, a partir do aterro sanitário.

### 2.1. Dados de Entrada

Um mapa, representado por um grafo,  $G = (V, E)$ , cujos nós são aleatoriamente determinados como garagens, contentores ou aterros sanitários.

$G$  – Grafo que abstrai mapa.

$V$  – Vértices/nós que simbolizam as garagens, contentores e aterros sanitários.

$E_{i,j}$  – Arestas que ligam os vários vértices,  $V_i$  a  $V_j$ , com *labels* que indicam a distância entre eles.



O mapa utilizado como exemplo provem do *Open Street Maps* e é representativo de uma zona de Espinho, que escolhemos dada a sua organização em ruas perpendiculares, o que facilita, em muito, a confirmação do bom funcionamento do nosso código.

Este mapa foi traduzido em três ficheiros de texto através do software *OSM2TXT Parser*, sendo que o primeiro contem informação acerca dos nós, o segundo sobre as arestas e o terceiro referente às ligações entre nós.

## 2.2. Função Objetivo

Como o nosso problema não se trata do *Travelling Salesman Problem* clássico, por começar num nó e acabar noutro e também por não termos as distâncias diretas entre todos os nós, é extremamente improvável encontrar a solução ótima. No entanto, esperamos que ao minimizar a equação deste algoritmo, a do *Vehicle Routing Problem* seja minimizada como consequência. Logo, a função que realisticamente estamos a minimizar é a seguinte:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i, j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

## 2.3. Restrições

Como restrição, apresenta-se a capacidade do camião.

A nível de restrições matemáticas, existem as restrições específicas do *TSP*:

1.  $0 \leq x_{ij} \leq 1$   $i, j = 1, \dots, n;$
2.  $u_i \in \mathbb{Z}$   $i = 1, \dots, n;$
3.  $\sum_{i=1, i \neq j}^n x_{ij} = 1$   $j = 1, \dots, n;$



$$4. \sum_{j=1, j \neq i}^n x_{ij} = 1$$

$$i = 1, \dots, n;$$

$$5. u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1$$

$$2 \leq i \neq j \leq n.$$

## 2.4. Resultados Esperados

Uma rota que, começando na garagem, percorra todos os contentores e acabe no aterro sanitário.



### 3. Solução

Como já referimos na formalização do problema, a solução pode ser dividida em duas fases.

A fase de pré-processamento consiste em:

1. Definir a garagem e o aterro;
2. Usar a abordagem *Depth-first* para eliminar nós inacessíveis;
3. Definir contentores do lixo;
4. Através dos algoritmos de *Dijkstra* ou *Floyd-Marshall*, calcular a distância de todos os contentores a todos os outros contentores. Aproximando, assim, o nosso problema do *Travelling Salesman Problem*;

```
1 function dijkstraShortestPath(T source):
2
3   map<T, double> dis
4   map<T, T> prev
5
6   create Priority Queue, Q
7
8   for each vertex in Graph:
9     if info ≠ source
10      dis ← (info, INT_INFINITY)           // Unknown distance from source to info
11      prev ← (info, -1)                   // Predecessor of info
12    else
13      dis[source] ← 0
14
15  Q.add_with_priority(info, dis[info])
16
17  while Q is not empty:
18    u_top ← Q.extractTop()                 // Remove and return best info
19    Vertex<T>* u ← this->getVertex(u_top) // Return best vertex
20
21    for each neighbour v of u:
22      Vertex<T> * v ← u->adj.at(i).dest
23      alt ← dis[u->info] + u->adj.at(i).weight
24
25      if (alt < dis[v->info])
26        dis[v->info] ← alt
27        prev[v->info] ← u->info
28      Q.decreasePriority(v->info, alt)
```



29 for each vertex:

30  $v \rightarrow \text{path} \leftarrow \text{getVertex}(\text{prev}[v \rightarrow \text{info}])$

5. Construir um novo grafo, *TSP\_graph*, com a informação nova.

A fase seguinte, correspondente ao cálculo do *Travelling Salesman Problem*:

1. Escolher contentores possíveis, numa viagem, cujo conteúdo não ultrapasse a capacidade do camião de recolha, pelo algoritmo *Brute-force*, *Greedy* ou *Tabu-search*;
2. Guardar resultado num vetor correspondente a uma viagem;
3. Repetir o processo até todos os contentores terem sido esvaziados;
4. Reconstruir rota tendo em conta o grafo inicial proveniente do *Open Street Map*.

Respetivas análises de complexidade temporal e espacial;

Avaliação da complexidade analítica e empírica.





## 4. Diagrama de Classes



## 5. Casos de Utilização

1. Dado o foro genérico do programa, resolvendo apenas de forma aproximada o *Vehicle Routing Problem*, poderia ser utilizado para otimizar vários tipos de rotas, como, por exemplo, a do enunciado (recolha de lixo), entrega de mercadorias...

A aplicação deste programa traria aumento de eficiência ao reduzir o tempo de viagem e os gastos em combustível;

2. Visualização de um mapa com o *GraphViewer* e respetiva tradução em ficheiros de texto com informação relativa a nós e arestas.



## 6. Dificuldades

A primeira dificuldade a ter em conta será termos percebido em que categoria geral o nosso problema se encontrava. Foi bastante intuitivo perceber que se enquadrava no *Vehicle Routing Problem*, mas não tão fácil assumir que teríamos de recorrer também ao *Travelling Salesman Problem*. Isto, pois este último envolve o conhecimento da distância de um nó a todos os outros, para todos os nós, que é informação que, à partida, não possuíamos, já que o nosso grafo inicial só nos dava indicação das distâncias entre cada dois nós, a partir das *labels*. Após percebermos a necessidade desta informação, desenvolvemos o segundo grafo com nós selecionados a partir da informação que calculamos.

Ao longo do projeto, adotamos a prática dos testes unitários, mais direcionada para os algoritmos, o que nos custou algum tempo, mas cremos que terá compensado em termos globais, pois permitia a alteração e correção de código constante tendo consciência dos erros consequentes dessas mudanças no código. Assim, eliminamos a necessidade de *debugging* a cada erro que surgisse em código já implementado e previamente funcional.



## 7. Contributos

Diogo Pereira - %

Gonçalo Moreno - %

Eduarda Cunha - %



## 8. Conclusão

Análise crítica dos resultados obtidos;

Principais considerações.



## 9. Bibliografia

- [1] Narahari, Y. "8.4.2 Optimal Solution for TSP using Branch and Bound". Game Theory Lab. <http://lcm.csa.iisc.ernet.in/dsa/node187.html> (last accessed April 6, 2017)
- [2] Stack Overflow. <http://stackoverflow.com/questions/22985590/calculating-the-held-karp-lower-bound-for-the-traveling-salesmantsp>
- [3] MIT. "Branch and Bound". MIT OPEN COURSE WARE.  
[https://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-053-optimization-methods-in-management-science-spring-2013/tutorials/MIT15\\_053S13\\_tut10.pdf](https://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-053-optimization-methods-in-management-science-spring-2013/tutorials/MIT15_053S13_tut10.pdf)  
(last accessed April 4, 2017)
- [4] "Travelling Salesman problem". Wikipedia.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Travelling\\_salesman\\_problem#Related\\_problems](https://en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem#Related_problems)
- [5] Stack Overflow. <http://stackoverflow.com/questions/22985590/calculating-the-held-karp-lower-bound-for-the-traveling-salesmantsp>
- [6] Kumar Singhal, Ritesh; Pandey, Dr. D. K. "Approximation of Shortest Path using Travelling Salesman Problem". International Journal of Advanced and Innovative Research. <http://ijair.jctjournals.com/oct2012/t121015.pdf>
- [7] "Dijkstra's algorithm". Wikipedia.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra%27s\\_algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra%27s_algorithm)
- [8] Poole, David; Mackworth, Alan. "3.7.4 Branch and Bound". Artificial Intelligence. [http://artint.info/html/ArtInt\\_63.html](http://artint.info/html/ArtInt_63.html)
- [9] Gao, Jiyao. "Branch and bound (BB)". Northwestern Univeristy Process Optimization Open Textbook.  
[https://optimization.mccormick.northwestern.edu/index.php/Branch\\_and\\_bound\\_\(B](https://optimization.mccormick.northwestern.edu/index.php/Branch_and_bound_(B)  
B)